

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-168754  
(43)Date of publication of application : 14.06.2002

(51)Int.CI. G01N 13/10  
G01B 21/30  
G01N 23/225

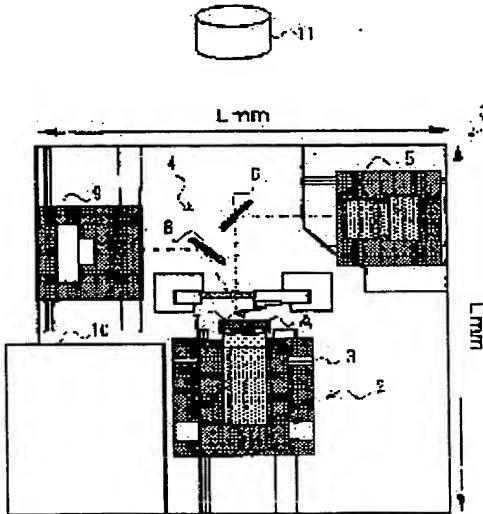
(21)Application number : 2000-365119 (71)Applicant : JAPAN SCIENCE & TECHNOLOGY CORP  
(22)Date of filing : 30.11.2000 (72)Inventor : KAWAKATSU HIDEKI

## (54) SCANNING PROBE MICROSCOPE APPARATUS

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a scanning probe microscope capable of observing, evaluating and processing a nano structure by making full use of respective features of a SEM function and a SPM function.

**SOLUTION:** A scanning probe microscope apparatus 1 comprises a scanning electron microscope 2 having a sample base 3 on which a sample A is set and a scanning probe microscope 4 mounted on the sample base 3.



**THIS PAGE BLANK (USPTO**

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-168754

(P2002-168754A)

(43) 公開日 平成14年6月14日 (2002.6.14)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 01 N 13/10

識別記号

F I

テマコト<sup>\*</sup> (参考)

G 01 B 21/30

G 01 N 23/225

G 01 B 21/30

G 01 N 23/225

審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号

特願2000-365119 (P2000-365119)

(22) 出願日

平成12年11月30日 (2000.11.30)

特許法第30条第1項適用申請有り

(71) 出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72) 発明者 川勝 英樹

東京都世田谷区上野毛4-32-13

(74) 代理人 100089635

弁理士 清水 守

Fターム(参考) 2F069 AA60 DD20 GG02 GG07 GG59

GG62 GG65 HH04 HH30 JJ04

MM21 MM32 MM34 RR09

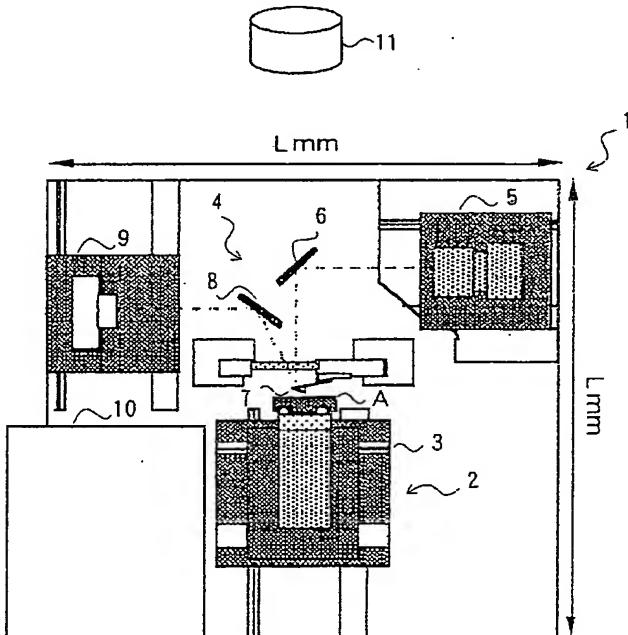
2G001 AA03 BA05 BA07 CA03

(54) 【発明の名称】 走査型プローブ顕微鏡装置

(57) 【要約】

【課題】 SEM機能とSPM機能のそれぞれの特徴を十分に生かしきったナノ構造体の観察、評価、加工を行うことができる走査型プローブ顕微鏡を提供する。

【解決手段】 走査型プローブ顕微鏡装置1は、試料Aがセットされる試料台3を有する走査型電子顕微鏡2と、前記試料台3に装着される走査型プローブ顕微鏡4とを具備する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 (a) 試料がセットされる試料台を有する走査型電子顕微鏡と、

(b) 前記試料台に装着される走査型プローブ顕微鏡とを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項2】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、発光装置と、第1の反射ミラーと、前記試料に対応するプローブと、第2の反射ミラーと、受光装置と、回路ボックスとを備えることを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項3】 請求項1又は2記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、走査型プローブを複数個配置し、同時に駆動することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項4】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の振動や光特性を測定するための光ファイバープローブや光近接場プローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項5】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の機械的特性を測定するための力印加プローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項6】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の電気的特性の評価のためのマルチプローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項7】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の超音波加工や切削加工を行い、該加工のインプロセス可視化を行うためのプローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項8】 請求項1記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の微小構造体の局所加熱のための加熱用プローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項9】 請求項1乃至8のいずれか1項記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡を、100mm×100mm×30mm立方の体積に収まるように構成することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

【請求項10】 請求項9記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記試料の観察範囲と2次電子検出器やx線検出器の間に部品が存在しないようにし、全高を30mm以下に抑えて、前記走査型プローブ顕微鏡を前記試料台に同期して稼働するよう配設することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】従来から、一つの真空容器内にSPM(走査型プローブ顕微鏡)機能とSEM(走査型電子顕微鏡)機能を持たせた実験装置は存在していた。

10 【0003】まず、SEM(走査型電子顕微鏡)とSPMの2つの顕微鏡の特徴について説明する。

【0004】SPMとSEMは、それぞれに長所を有する。

【0005】SPMは、数ミクロンから数サブナノメートルの観察範囲に向き、主に平板上の試料の観察に用いられている。力、機械特性、光学特性、電気特性の測定が可能である。

【0006】一方、走査型電子顕微鏡は、数ミリメートルから数ナノメートルの観察に向き、立体的な試料と平板上の試料の両者の観察が可能である。また、走査型電子顕微鏡は、電子線照射により生じるX線から、試料の組成分析も可能である。

## 【0007】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、これらの2つの顕微鏡は、以下のようない欠点を有している。

20 【0008】SPMでは、視覚的支援なしにはその探針を3次元的な試料のある部分に位置決めし、観察や測定を行うことは難しい。特に、3次元構造物が光学顕微鏡で観察し得ない大きさになると、探針の位置決めは著しく困難になる。一方、走査型電子顕微鏡は、その分解能が数ナノメートルまでしかなく、原子レベルの観察や計測は不可能である。また、電子線を非接触に走査しているため、直接試料に力を加えたり、電流を流すことは難しい。

30 【0009】ところで、上記した従来の一つの真空容器内にSPM機能とSEM機能を持たせた実験装置は、それぞれに個別な機能装置がたまたま一つの真空容器内に存在するに過ぎず、使い勝手の良くないものであった。すなわち、試料観察に際し、数ミクロンからサブナノメートルの観察範囲での機械特性、光学特性、電気特性などの観察に向いているSPMと、焦点深度が深く、数ミリから数ナノ範囲の立体観察に向いているSEMとが別々に設置されている従来装置では、SEMの観察角度が固定、もしくは可変量が著しく狭く、例えば3次元構造体の観察に際し、相互の利点を生かした観察ができないもどかしさがあった。

40 【0010】本発明は、上記状況に鑑みて、SEM機能とSPM機能のそれぞれの特徴を十分に生かしきった、ナノ構造体の観察、評価、加工を行うことができる走査型プローブ顕微鏡を提供すること目的とする。

【課題を解決するための手段】本発明は、上記目的を達成するために、

〔1〕走査型プローブ顕微鏡装置において、試料がセットされる試料台を有する走査型電子顕微鏡と、前記試料台に装着される走査型プローブ顕微鏡とを具備することを特徴とする。

〔0012〕〔2〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、発光装置と、第1の反射ミラーと、前記試料に対応するプローブと、第2の反射ミラーと、受光装置と、回路ボックスとを備えることを特徴とする。

〔0013〕〔3〕上記〔1〕又は〔2〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、走査型プローブを複数個配置し、同時に駆動することを特徴とする。

〔0014〕〔4〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の振動や光特性を測定するための光ファイバープローブや光近接場プローブを具備することを特徴とする。

〔0015〕〔5〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の機械的特性を測定するための力印加プローブを具備することを特徴とする走査型プローブ顕微鏡装置。

〔0016〕〔6〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の測定部位の電気的特性の評価のためのマルチプローブを具備することを特徴とする。

〔0017〕〔7〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の超音波加工や切削加工を行い、これらの加工のインプロセス可視化を行うためのプローブを具備することを特徴とする。

〔0018〕〔8〕上記〔1〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡は、前記試料の微小構造体の局所加熱のための加熱用プローブを具備することを特徴とする。

〔0019〕〔9〕上記〔1〕乃至8のいずれか1項記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記走査型プローブ顕微鏡を、 $100\text{ mm} \times 100\text{ mm} \times 30\text{ mm}$ 立方の体積に収まるように構成することを特徴とする。

〔0020〕〔10〕上記〔9〕記載の走査型プローブ顕微鏡装置において、前記試料の観察範囲と2次電子検出器やx線検出器の間に部品が存在しないようにし、全高を30mm以下に抑えて、前記走査型プローブ顕微鏡を前記試料台に同期して稼働するよう配設することを特徴とする。

〔0021〕その結果、SEM機能とSPM機能のそれぞれの特徴を十分に生かしきったナノ構造体の観察、評価、加工を行うことができる。

### 【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について詳細に説明する。

〔0023〕図1は本発明の第1実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の模式図である。

〔0024〕この図において、本発明の走査型プローブ顕微鏡装置1は、試料Aがセットされる走査型電子顕微鏡2の試料台3を有し、その試料台3に走査型プローブ顕微鏡4が装着される。その走査型プローブ顕微鏡4は、発光装置(LD:レーザーダイオード)5と、第1の反射ミラー6と、前記試料Aに対応するプローブ(例えば、カンチレバー)7と、第2の反射ミラー8と、受光装置(PD:フォトダイオード装置)9と、回路ボックス10、2次電子検出器やx線検出器11とを備え、

〔(L:100mm×L:100mm×30mm)立方の体積に収まるように構成されている。

〔0025〕本発明では、 $1 \sim 2\text{ cm}^3$ の体積に収まる、小さな3次元位置決め機構を実現し、それを用いて走査型電子顕微鏡2の一般的な試料台3に装着可能な走査型プローブ顕微鏡4を実現する。その際、走査型電子顕微鏡2の観察角度の自由度や機能を極力妨げないように走査型プローブ顕微鏡4の構造を決定する。具体的には、観察範囲と2次電子検出器11の間に部品が存在しないようにし、全高を30mm程度以下に抑える。

〔0026〕図2は本発明の第1実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置により、試料としての微小立方体をプロービングする状態を示す図である。

〔0027〕この図に示すように、試料Aとしての半導体からなる微小構造体12はプローブ7によってプロービングすることができる。

〔0028〕図3は本発明の第2実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる、複数のプローブを有する走査型プローブ顕微鏡装置の概略構成図である。なお、XYZ位置決め機構13, 13'により複数プローブ7, 7'を駆動可能にして、これらの複数プローブ7, 7'を同時に使用するように構成することができる。

〔0029〕また、使用目的に応じて適宜、プローブ及びその周辺機構を試料台にのせかえて使用するようにすることができる。

〔0030〕図4は本発明の第3実施例を示す振動特性測定のための走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

〔0031〕この図において、21は試料台上にセットされる試料、22はその試料の測定部位(微小構造体)、23はその測定部位(微小構造体)22の振動を測定するための光ファイバープローブである。なお、矢印50は振動方向を示している。

【0032】このように構成することにより、光ファイバープローブ22により、測定部位（微小構造体）22の振動、変位や速度を測定することができる。ここで、光ファイバープローブとして光近接場プローブを用い、試料の光特性を高分解能で測定することが可能である。

【0033】図5は本発明の第4実施例を示すバネ定数や材料強度測定のための走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【0034】この図において、31は試料台上にセットされる試料、32はその試料の測定部位（微小構造体）、33は力センサ（図示なし）へ接続される力印加プローブである。

【0035】このように構成することにより、力印加プローブ33により、測定部位（微小構造体）32のバネ定数や材料強度を測定することができる。

【0036】図6は本発明の第5実施例を示すマルチプローブによる測定部位（微小構造体）の電気的特性の評価のための走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【0037】この図において、41は試料台上にセットされる試料、42はその試料の第1の測定部位（微小構造体）、43はその試料41の第2の測定部位（微小構造体）、44は第1のプローブ（電極）、45は第2のプローブ（電極）である。

【0038】このように構成することにより、例えば、第1のプローブ（電極）44と第2のプローブ（電極）45とにより、第1の測定部位（微小構造体）42と第2の測定部位（微小構造体）43間に流れる電流i、それらの間の電位差vを測定することにより、i-v特性を求めることができる。微小構造体のi-v特性は電子素子の基本特性として極めて重要である。

【0039】図7は本発明の第6実施例を示す超音波加工プローブもしくは切削プローブによる加工のインプロセス可視化のため、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【0040】この図において、51は試料台上にセットされる試料、52はその試料51に形成される溝、53はその溝52を加工する超音波加工プローブもしくは切削プローブである。なお、矢印は振動方向を示している。

【0041】このように構成することにより、超音波加工プローブもしくは切削プローブ53による加工のインプロセス可視化を行うことができる。

【0042】図8は本発明の第7実施例を示す加熱用プローブによる微小構造体の局所加熱のため、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【0043】この図において、61は試料台上にセットされる試料、62はその試料61に形成される加工部位

（微小構造体）、63はその加工部位（微小構造体）62を加工する加熱用プローブ（光ファイバ式もしくは電気抵抗式）である。

【0044】このように構成することにより、加熱用プローブ（光ファイバ式もしくは電気抵抗式）63により、試料61の局所である加工部位（微小構造体）62の加熱を行うことができる。

【0045】上記したように、本発明によれば、走査型プローブ顕微鏡は、走査型力顕微鏡、走査型トンネル顕微鏡、走査型光近接場顕微鏡、走査型光ファイバ式レーザヘテロダインドップラー計、走査型光ファイバ式ホモダイン干渉計に加え、走査型超音波加工プローブ、走査型切削プローブ、回転型切削プローブ、加熱用プローブ、加熱用光学プローブ等を含む。

【0046】これらを用いることにより、サブミクロンオーダーにおいて観察される様々な現象や物性の計測や加工を容易にし、その特性を生かして、新しい機能を実現する支援ツールを提供することができる。

【0047】それぞれの顕微鏡の長所を生かした複数の手法による試料の観察と評価、加工が可能となる。特に、近年重要度を増している3次元ナノ構造物の特性評価を行う際、走査型電子顕微鏡の視覚的情報を用いて複数の探針を試料の異なる位置に位置決めすることができとなり、電気的、磁気的、機械的、光学的特性の評価が可能となる。

【0048】このように、本発明によれば、SEM機能とSPM機能とをドッキングさせることにより、既に本願発明者が提案してきたナノメートルオーダーの3次元微小構造体に対する、使い勝手の良い計測および観測システムに導入可能であり、その効果は著大である。

【0049】なお、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、本発明の趣旨に基づいて種々の変形が可能であり、これらを本発明の範囲から除外するものではない。

#### 【0050】

【発明の効果】以上、詳細に説明したように、本発明によれば、SEM機能とSPM機能のそれぞれの特徴を十分に生かしきったナノ構造体の観察、評価、加工を行うことができる。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の模式図である。

【図2】本発明の第1実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置により、試料としての微小立方体をプローピングする状態を示す図である。

【図3】本発明の第2実施例を示す走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる、複数のプローブを有する走査型プローブ顕微鏡装置の概略構成図である。

【図4】本発明の第3実施例を示す振動特性測定のための、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【図5】本発明の第4実施例を示すバネ定数や材料強度測定のための、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【図6】本発明の第5実施例を示すマルチプローブによる測定部位（微小構造体）の電気的特性の評価のための、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

【図7】本発明の第6実施例を示す超音波加工プローブや切削プローブによる加工のインプロセス可視化のための、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

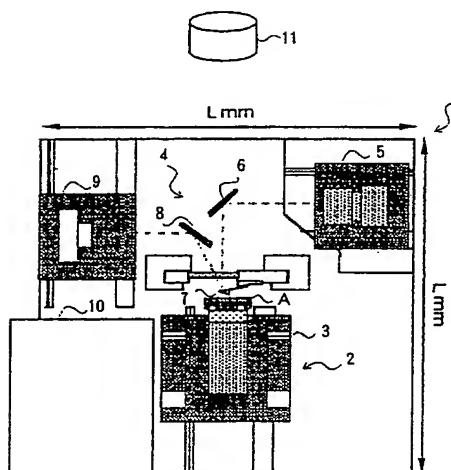
【図8】本発明の第7実施例を示す加熱用プローブによる微小構造体の局所加熱のための、走査型電子顕微鏡の試料台に装着させる走査型プローブ顕微鏡装置の要部模式図である。

#### 【符号の説明】

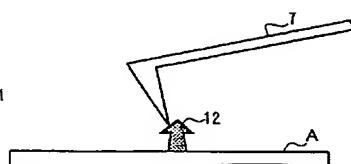
- 1 走査型プローブ顕微鏡装置
- 2 走査型電子顕微鏡
- 3 走査型電子顕微鏡の試料台
- 4 走査型プローブ顕微鏡

- |                       |                          |
|-----------------------|--------------------------|
| 5                     | 発光装置（LD装置）               |
| 6                     | 第1の反射ミラー                 |
| 7                     | プローブ                     |
| 8                     | 第2の反射ミラー                 |
| 9                     | 受光装置（PD装置）               |
| 10                    | 回路ボックス                   |
| 11                    | 2次電子検出器                  |
| 12                    | 半導体からなる微小構造体             |
| 13                    | X Y Z位置決め機構              |
| A, 21, 31, 41, 51, 61 | 試料                       |
| 22, 32                | 試料の測定部位（微小構造体）           |
| 23                    | 光ファイバプローブ                |
| 33                    | 力印加プローブ                  |
| 42                    | 第1の測定部位（微小構造体）           |
| 43                    | 第2の測定部位（微小構造体）           |
| 44                    | 第1のプローブ（電極）              |
| 45                    | 第2のプローブ（電極）              |
| 52                    | 試料に形成される溝                |
| 53                    | 超音波加工プローブもしくは切削プローブ      |
| 62                    | 加工部位（微小構造体）              |
| 63                    | 加熱用プローブ（光ファイバ式もしくは電気抵抗式） |

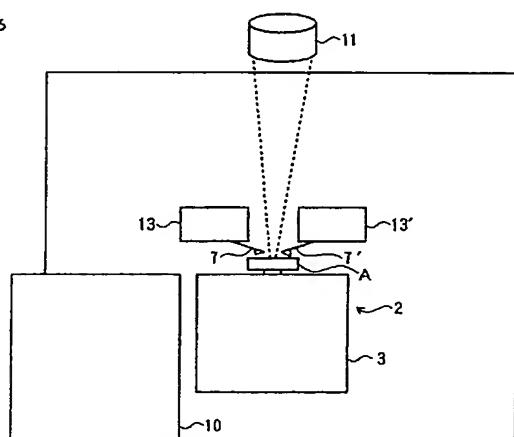
【図1】



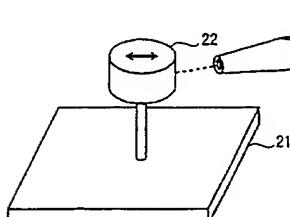
【図2】



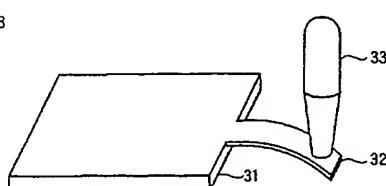
【図3】



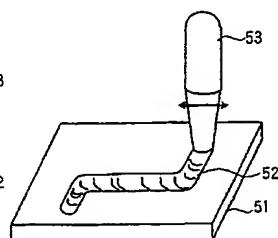
【図4】



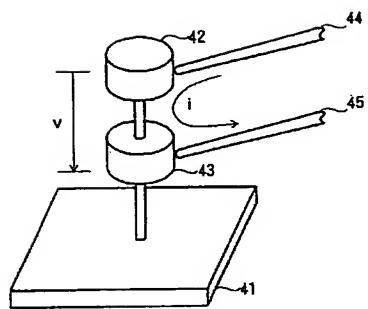
【図5】



【図7】



【図6】



【図8】

